

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA DE LOS PALEOVALLES PLEISTOCENOS DEL NE DE CATALUÑA. EL EJEMPLO DE LA RIERA DE TOSSA (COSTA BRAVA MERIDIONAL)

Geophysical Investigation of Pleistocene Paleovalleys: a Case Study in Riera de Tossa, Southern Costa Brava, NE Catalonia

R. Linares, L. Pallí; C. Geis, X. Almanza y C. Roqué

Área de Geodinámica Externa. Universitat de Girona. 17071 Girona.

lluis.palli@udg.es; fax: 972 41 81 50

Resumen

La geometría del paleovalle pleistoceno de la Riera de Tossa (Costa Brava, Cataluña) ha sido estudiada mediante los métodos de prospección geofísica de tipo eléctrico (SEV) y sísmico por refracción. Los resultados obtenidos revelan la existencia de un cambio brusco de pendiente del thalweg, que permite individualizar dos tramos en los cuales los procesos erosivos actuaron con desigual intensidad. En base a los datos geológicos y geomorfológicos disponibles, se opina que esta ruptura de pendiente es debida al control litológico impuesto por una alineación de materiales resistentes, los cuales limitaron el alcance de la erosión remontante del curso fluvio-torrencial durante el Pleistoceno Superior.

Palabras clave: valles pleistocenos, prospección geofísica, Costa Brava, España.

Abstract

The geometry of Riera de Tossa (Costa Brava, Catalonia) Pleistocene paleovalley has been studied by two geophysical prospecting methods: vertical electric sounding (VES-DC) and seismic refraction. The results show the existence of a sudden slope change of the thalweg that permits to differentiate two sections where erosion processes operated in unequal intensity. Based on geological and geomorphological available data, it can be inferred that this slope rupture is caused by the litological control imposed by the alinement of resistant materials, which limited the headward erosion extend of the creek during the Upper Pleistocene.

Key words: Pleistocene valleys, geophysical prospecting, Costa Brava, Spain.

Introducción

Las fluctuaciones eustáticas que han tenido lugar a lo largo del Cuaternario han influido en gran medida en la evolución de los sistemas fluviales de la península Ibérica. Durante el último periodo glacial en la costa española el nivel del mar se situó entre los -100 y -120 m por debajo de su nivel actual hacia los 18 ka BP (Zazo y Goy, 2000; Zazo *et al.*, 2001). El consiguiente reajuste del perfil de equilibrio de los ríos motivado por la caída de sus niveles de base, produjo una fuerte incisión en sus cursos bajos, donde se excavaron valles profundos. En la costa del nordeste de Cataluña, la erosión llegó a barrer completamente los depósitos fluvio-torrenciales previos, de manera que la red fluvial se encajó en los materiales precuaternarios. En este sentido, los datos actuales señalan que los depósitos detríticos que rellenan los paleovalles de los cursos fluviales principales de la Costa Brava son posteriores a los 20 ka (Mas *et al.*, 1999), y que la mayoría de las unidades morfosedimentarias visibles en superficie están ligadas a la progradación de los sistemas fluvio-deltaicos iniciada hacia el 6.500 ¹⁴C BP con la estabilización del nivel del mar a partir del máximo transgresivo flandriense.

El conocimiento de la geometría de los paleovalles resulta especialmente importante en los sistemas fluvio-torrenciales costeros de la Costa Brava, en cuya parte baja, coincidiendo con las playas, se ubican núcleos de población de crecimiento rápido, impulsado por el auge del sector turístico. A las repercusiones sobre la gestión de los recursos hídricos, analizadas en su día por el MOP (1969), se suman ahora otras de carácter geotécnico y minero, derivadas de la creciente actividad constructiva que se desarrolla sobre las llanuras fluvio-deltaicas.

Situación geográfica y geológica

El litoral de la provincia de Girona, también conocido como Costa Brava, se extiende desde la frontera con Francia en los Pirineos, hasta la desembocadura del río Tordera, en cuyo curso bajo se sitúa el límite con la provincia de Barcelona. Su longitud total es de 221 km, 57 de los cuales corresponden a playas y el resto a zonas rocosas. El tramo rocoso es en general escarpado, muy accidentado y recortado. Los tramos de costa baja, de formas más suaves y con grandes playas, son escasos, y se desarrollan sólo en las llanuras aluviales que conforman los sistemas fluviales Muga-Fluvià, Ter-Daró y Tordera. En base a las características geológicas y geomorfológicas, la Costa Brava se subdivide en tres sectores: el septentrional, que corresponde a la terminación oriental de los Pirineos; el central, que comprende los golfos de Roses y de Pals; y el meridional, enclavado en los macizos litorales de la Cadena Costera Catalana. Tanto el sector septentrional como el meridional, en los que afloran rocas ígneas y metamórficas del Paleozoico, presentan fuertes acantilados, recortados por numerosas calas generalmente de pequeñas dimensiones. El sector central, desarrollado en las depresiones del Alt y Baix Empordà, ambas rellenas de sedimentos del Terciario y Cuaternario, muestra un modelado más suave, caracterizado por la presencia de playas largas de poca amplitud, limitadas por un sistema de cordones de dunas litorales que las separa de una zona de marismas. En medio de este sector central, se encuentra el macizo del Montgrí, que presenta una costa escarpada y poco recortada, esculpida en calizas del Mesozoico.

La Riera de Tossa se sitúa en el sector meridional de la Costa Brava (Fig. 1). Su cuenca ocupa una superficie de 38,58 km² y la longitud del canal principal alcanza los 12 km. En ella afloran, mayoritariamente, rocas plutónicas ácidas paleozoicas (granitos y granodioritas) atravesadas por numerosos diques hipoabisales de composición diversa. Los granitoides, especialmente las litofacies de grano grueso, se encuentran fuertemente alterados, dando lugar a mantos de arenitas de hasta una veintena de metros de espesor. En la zona norte de la cuenca existen pequeños afloramientos dispersos de rocas de metamorfismo de contacto. Los depósitos fluviotorrenciales del Cuaternario se distribuyen fundamentalmente a lo largo del cauce de la Riera, y adquieren un mayor desarrollo y espesor cerca de la desembocadura, coincidiendo con la zona urbana de Tossa. En su mayor parte están formados por arenas derivadas de los perfiles de alteración de los granitoides y gravas procedentes de las litologías más resistentes (rocas metamórficas, granitos de grano fino y pórfidos ácidos). La estructura tectónica de la zona viene determinada por la presencia de fallas orientadas según las direcciones NO-SE, NE-SO y ENE-OSO. Esta estructura es un factor condicionante de la disposición de la red de drenaje y de la orientación de los valles principales, fundamentalmente por la mayor erosionabilidad de las alteritas que se han desarrollado a favor de las fracturas.

Metodología

Se han seguido los procedimientos metodológicos habituales en prospección geofísica. Inicialmente, ha sido analizada el conjunto de la información disponible de la zona, tanto a nivel de datos del subsuelo como de datos geológicos y geomorfológicos de superficie. Posteriormente, en base a esta información preliminar y a los objetivos marcados, se han seleccionado los métodos y técnicas geofísicas más adecuadas.

La investigación geofísica se ha llevado a cabo mediante el método eléctrico convencional y sísmico por refracción. En el primer caso se ha utilizado la técnica del sondeo eléctrico vertical (SEV), con dispositivos simétricos tetraelectródicos del tipo Schlumberger y equipos de medición en corriente continua de la casa GEOTRON. Para la prospección sísmica por refracción se ha utilizado el sismógrafo SmartSeis de 12 canales de la casa GEOMETRICS y disparador manual mediante golpeo. En este caso se han utilizado implantaciones continuas de 55 m de dispositivo, con 5 puntos de disparos por línea sísmica.

Las mediciones geofísicas han sido tratadas cualitativamente e interpretadas cuantitativamente mediante la ayuda de los programas RESIST, GREMIX y SIPx. Lógicamente de entre las diversas soluciones compatibles con los datos desde un punto de vista físico o matemático, se ha priorizado la viabilidad geológica de la solución del modelo por encima del menor error numérico del proceso. En ambos métodos de prospección, para la correlación entre datos geofísicos y litológicos se han llevado a cabo mediciones paramétricas de contraste.

En conjunto, para la investigación del subsuelo de la zona se ha dispuesto de la información geofísica proporcionada por 28 sondeos eléctricos verticales y por 275 m totales de líneas sísmicas distribuidas en 3 perfiles. Además de esta información se han analizado datos de 16 sondeos mecánicos de reconocimiento.

Por último, los datos obtenidos han sido tratados mediante los programas de interpolación 3D Analyst de ESRI (Environmental Systems Research Institute, INC) con la opción Spline Tension (recomendada por la misma firma para profundidades del nivel freático o superficies topográficas) que adecúa la superficie de mínima curvatura entre los puntos de muestreo.

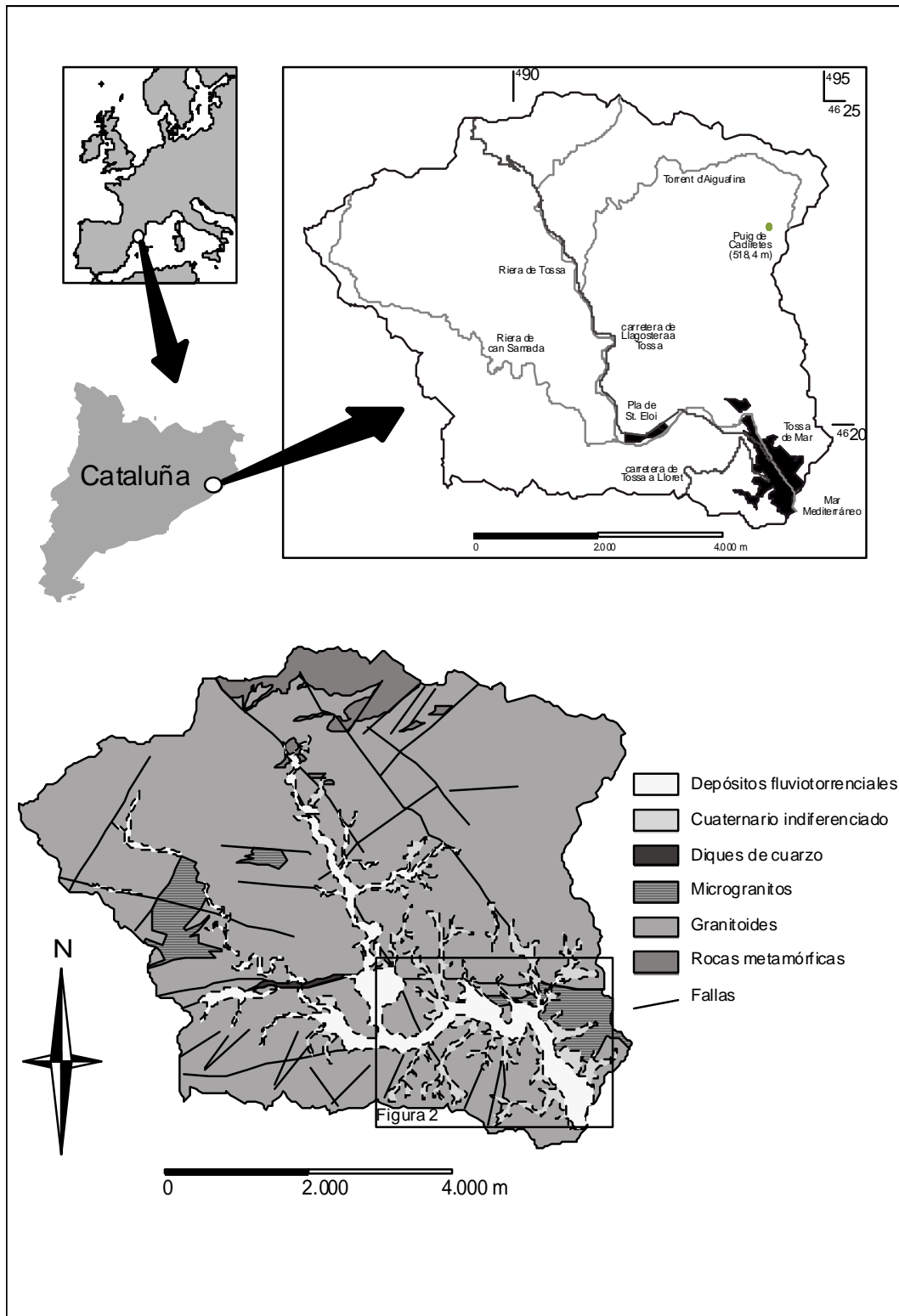


Figura 1. Marco geográfico y geológico de la zona de estudio.

Geographical and geological situation of the study area.

Resultados y discusión

La información obtenida permite diferenciar dos dominios principales en el paleovalle de la Riera de Tossa limitados por una brusca ruptura de pendiente del perfil longitudinal (Fig. 2).

El primero de los dominios tiene una longitud total de 3.250 m y comprende desde la confluencia del torrente de can Samada hasta el parque de bomberos. En él, el substrato precuaternario se detecta con facilidad mediante el método sísmico. Éste se caracteriza por presentar velocidades de propagación de las ondas compresivas entre 3.136 y 3.636 m/s. Estas velocidades elevadas contrastan con las que caracterizan las formaciones cuaternarias, que como máximo alcanzan valores de 1.867 m/s.

El rasgo más sobresaliente de la geometría en profundidad del paleovalle en este sector es la suavidad y uniformidad que presenta, tanto longitudinalmente como transversalmente. Así, el perfil longitudinal presenta una pendiente suave y constante de 0,5°. En todo el trazado del eje del paleovalle los sedimentos cuaternarios alcanzan un espesor máximo que varía entre 8 m y 10 m. Por lo que a las secciones transversales se refiere, se identifican 3 superficies planas limitadas por cambios suaves de pendiente. La incisión de los canales fluviales en estas superficies es muy poco acusada.

El segundo dominio del paleovalle tiene una longitud de 1.000 m y comprende desde el parque de bomberos hasta la desembocadura de la Riera. En este sector la investigación del substrato mediante el método sísmico se ve complicada por las malas relaciones señal-ruido que se obtienen, motivadas por la mayor profundidad del substrato y la proximidad al núcleo urbano. Por ello, el método eléctrico mediante la técnica del SEV ha sido el más utilizado. Los valores resistivos obtenidos se sitúan en el intervalo 30 y 140 ohm-m para los depósitos cuaternarios y entre 43 y 420 ohm-m para los del substrato. En general, para una determinada vertical, el substrato se reconoce por presentar los valores mayores de resistividad.

En este sector el perfil longitudinal del paleovalle presenta una pendiente cercana a los 1,5°. Cerca de la desembocadura el espesor de los sedimentos cuaternarios supera los 30 m en el eje del canal. Su sección transversal tiene forma de V y muestra un fuerte encajamiento en el substrato granítico, con una inclinación en las vertientes de hasta 10°.

Los datos de superficie revelan la existencia de un cambio litológico brusco coincidiendo con el cambio de pendiente del paleovalle. Aguas debajo del mismo afloran granodioritas arenizadas hasta profundidades superiores a 20 m, lo que las hace fácilmente erosionables y explica el encajamiento del canal. La ruptura de pendiente coincide con una alineación de rocas escasamente alteradas y muy resistentes, concretamente una masa de microgranitos asociada a leucogranitos de grano fino.

La presencia de estos materiales más resistentes impidió la progresión de la erosión remontante del curso fluviotorrencial motivada por la caída de su nivel de base como mínimo durante el último nivel del mar bajo.

Conclusiones

La prospección geofísica, mediante los métodos eléctricos (SEV) y sísmico por refracción, permite conocer la geometría de los paleovalles pleistocenos de la Costa Brava meridional.

El conocimiento de la forma del substrato a través secciones geofísicas permite identificar rasgos o elementos morfológicos que frecuentemente pasan desapercibidos mediante las correlaciones de sondeos mecánicos de reconocimiento, debido al mayor espaciado entre puntos de registro.

De entre los factores que condicionan estos buenos resultados, caben destacarse el buen contraste, tanto resistivo como sísmico, que caracteriza el contacto entre los depósitos cuaternarios y los materiales del substrato.

Por último, destacar que el tratamiento conjunto e integrado de los datos geofísicos, geológicos y geomorfológicos ha permitido reconocer el importante papel que desempeñan los contrastes litológicos en la geometría de estos paleovalles.

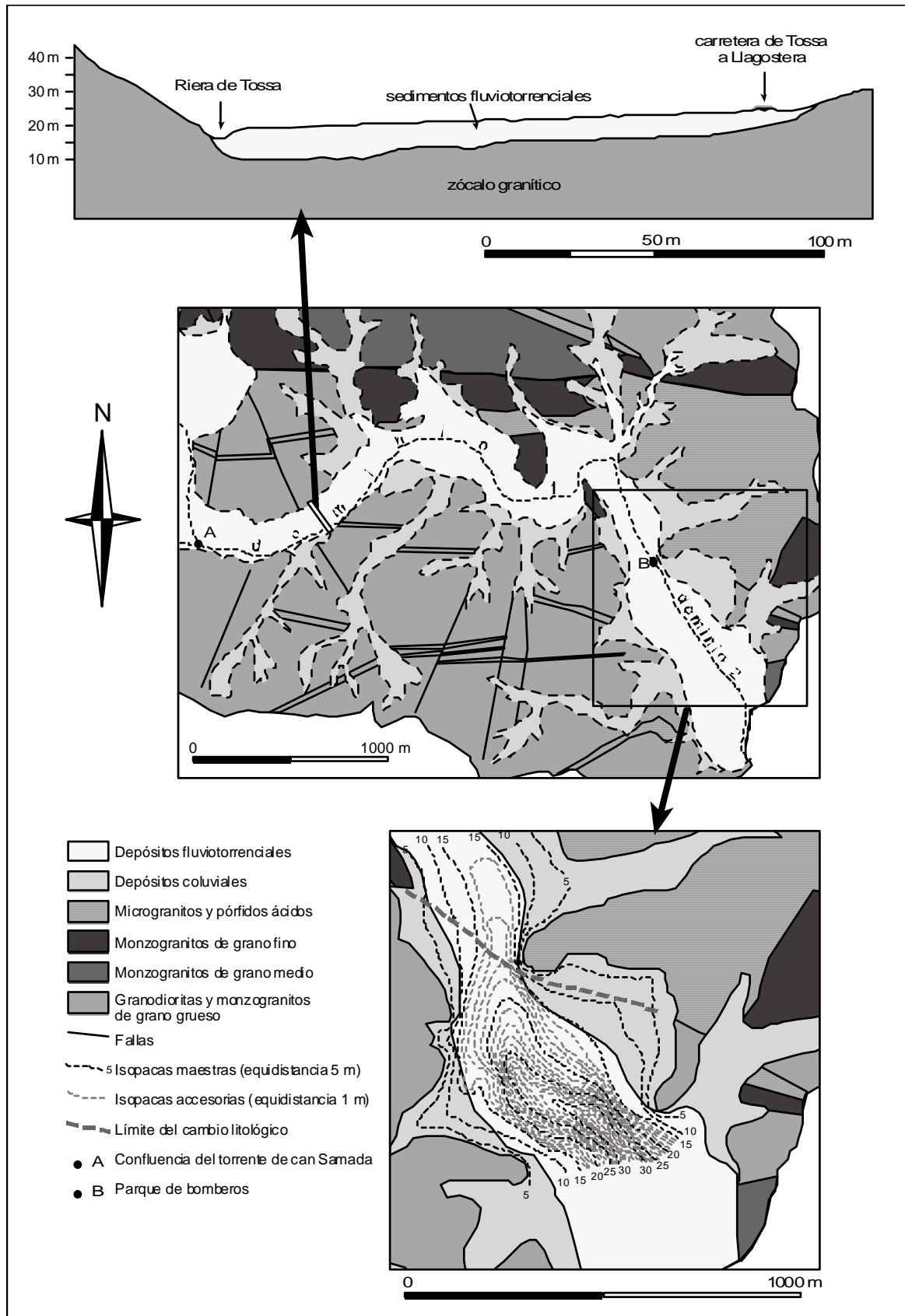


Figura 2. Geometría del paleovalle de la Riera de Tossa.

Paleovalley geometry of the Riera de Tossa.

Referencias

Mas, J., Bach, J., Linares, R., Montaner, J., Trilla, J. y Pallí, L. (1999). Aportación a la cronología del Cuaternario de la depresión del Baix Empordà (Girona). En: L. Pallí y C. Roqué, eds. *Avances en el estudio del Cuaternario español*, 107-112. Girona.

MOP (1969). Estudio de los recursos hidráulicos totales del Pirineo Oriental. N-1, Abastecimiento de agua para la Costa Brava y Alto Maresme. *Anejos de Hidrología Subterránea*.

Pallí, L y Roqué, C. (1991). *Mapa Geológico de Tossa de Mar (1:12.500)*. Unitat de Geologia de l'Estudi General de Girona. Universidad Autónoma de Barcelona.

Zazo, C. y Goy, J.L. (2000). Cambios eustáticos y climáticos durante el Cuaternario. Una síntesis sobre su registro en los litorales del sur y sureste peninsular, islas Canarias y Baleares (España). En: J.R. de Andrés y F.J. Gracia, eds. *Geomorfología Litoral. Procesos activos. SEG, Monografía nº 7*, 187-206. Madrid.

Zazo, C., Maestro, A., Días del Río, V., Goy, J.L. y Somoza, L. (2001). Geomorfología litoral y de la plataforma continental. En: A. Gómez-Ortíz y A. Pérez-González, eds. *Evolución reciente de la Geomorfología española (1980-2000)*, 97-138. SEG-SGEP (UB).